

EFEITO DA RADIAÇÃO X EM PHASEOLUS VULGARIS VAR. VAGEM MANTEIGA

FERNANDO LUIZ KRATZ e MARLI DE BEM GOMES D'AULÍSIO

Instituto de Ciências Biológicas — Univ. Federal de Goiás

INTRODUÇÃO

Este experimento, foi efetuado para estimarmos o efeito das radiações X na germinação e crescimento de plântulas de **Phaseolus vulgaris** var. vagem manteiga. Os resultados dêste poderão contribuir no estudo da Evolução Filogenética dos grupos afins, bem como servir como subsídios no delineamento de futuros experimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

A fonte de irradiação foi um emissor de raios-X operando com 115 KV e 25 mA, com uma filtragem de 30cm de ar, além do invólucro da própria fonte que era de 0,5mm de alumínio.

As sementes de **Phaseolus vulgaris** var. vagem manteiga, nacionais, obtidas na região, foram empregadas sem nenhum tratamento de semente normalmente usado e foram irradiadas num campo de 12,5cm de diâmetro à uma taxa de 800 r/minuto.

Antes de irradiadas foram pré-umidecidas até, aproximadamente, 19%. Em seguida as sementes foram divididas em quatro (4) lotes iguais e submetidas às seguintes doses agudas (tratamentos):

- Lote 1 0 Kr
- Lote 2 10 Kr (10.000 r)
- Lote 3 20 Kr (20.000 r)
- Lote 4 40 Kr (40.000 r)

Depois da irradiação foram plantadas em quatro caixas, cada uma com quatro compartimentos de 15 x 15 x 8cm, sendo usado o delineamento "Inteiramente Casualizado", com quatro repetições e quatro

tratamentos, os quais foram sorteados pelos compartimentos. Em cada compartimento foram equidistantemente, semeadas 60 sementes, excluindo-se as bordaduras.

Após a emergência o crescimento foi determinado pela medição das plantas em intervalos constantes: diariamente na primeira semana e após, de 72 em 72 horas. A taxa de germinação também foi determinada nestas ocasiões.

RESULTADOS

Os resultados analisados estão expressos nas tabelas I, II e III, que se referem, respectivamente, aos 10.o, 17.o e 23.o dias após à irradiação e plantio. Estas tabelas apresentam na primeira coluna o tratamento ou dose de irradiação utilizada; na segunda coluna a altura média das plântulas, para cada tratamento e para cada repetição; na terceira coluna estes resultados estão expressos em relação aos controles (0 kr), ficando estes com o valor padrão 100; nas três colunas seguintes, temos a variância, o coeficiente de variação e o coeficiente de variação expresso em percentagem do controle; e, finalmente nas duas últimas colunas o número de indivíduos em termos absolutos e, em relação ao controle.

No que se refere à germinação, os dados foram analisados estatisticamente no 17.o e 23.o dias após a irradiação e plantio, e os resultados estão apresentados na figura n. 1.

Com relação ao efeito das diferentes doses de radiação X no crescimento das plântulas os resultados estão sumarizados no gráfico da figura 2 e a análise está nos quadros da fig. 3.

Calculo da dose letal a partir dos dados de germinação

A partir de gráficos contendo a raiz quadrada do total de plantas que germinaram e se desenvolveram, por tratamento, contra a exposição expressa em Kr, obteve-se valores de regressões que exprimem o efeito radiobiológico das radiações X. A extração da raiz quadrada dos dados foi um procedimento efetuado a fim de transformar a distribuição de variável discreta, n, de germinação, em uma distribuição contínua e assim permitir a utilização de métodos de análise estatística mais adequados. Por extrapolação destes valores, foi possível estimar a dose letal (DL 100) de raios X, nas nossas condições experimentais, para nosso material (*Phaseolus vulgaris* var. manteiga). Este valor é de aproximadamente 94 kr como se pode observar nas figs 4 e 5.

Este valor nos permite calcular (veja KRATZ, 1969) o I.C.V. (volume cromossômico interfísico), que é um eficiente índice de radiosensibilidade. O valor encontrado para o I.C.V. foi de 0,69u3.

As equações de regressões lineares obtidas que expressam o efeito radiobiológico foram:

$$Y = 6,57 - 0,07 X$$
$$Y = 6,53 - 0,07 X$$

respectivamente para os dias 17.o e 23.o após o plantio.

Os testes de linearidade das regressões deram resultados altamente significantes como se pode observar na fig. 1 bem como no mesmo quadro pode-se observar que foi também altamente significativo o efeito da irradiação.

Efeito no Crescimento

A análise do efeito das radiações X no crescimento foram efetuadas nos dias 17.o e 20.o após a irradiação e plantio. Dada grande variação do n. de indivíduos que germinaram e se desenvolveram para os diferentes tratamentos, isto é, havia muito mais indivíduos nos tratamentos contrôles ou de baixa dosagem do que nos de alta dosagem de irradiação, adotou-se o critério de sortear em cada parcela 10 indivíduos cujas médias forneceram os dados para análise. Os resultados desta análise encontram-se na fig. 3 e a curva de regressão na fig. 6. Como se pode observar no 17.o dia não houve diferenças significantes, mas já no 20.o dia observou-se além da diferença altamente significativa dos tratamentos, um componente quadrático também altamente significativo na análise da regressão.

DISCUSSÃO

A finalidade básica deste experimento foi estabelecer algumas das **características** de radiosensibilidade do material estudado. As características por nós elegidas foram: Germinação, crescimento e variabilidade. Como foi salientado no capítulo "Resultados", as observações foram coletadas diariamente durante a primeira semana e após, de 72 em 72 horas até o 23.o dia. Os resultados da germinação foram analisados estatisticamente nos 17.o e 23.o dias mas sob o ponto de vista da sobrevivência das plântulas, para permitir a plena expressão do efeito das radiações não só na germinação, senso estrito, mas também durante o desenvolvimento inicial das plântulas, permitindo assim a expressão não só dos fatores letais, mas também dos

semi-letais e detrimientos herdados ou induzidos pela radiação X. Como se pode observar na fig. 1 os efeitos foram altamente significantes e concordantes para ambos os dias (veja também as fig. 4 e 5), isto é o aumento da dose de radiações diminui a germinação. Aplicamos o teste Tukey e obtivemos $\Delta = 1,62$, para 17.o dia após a germinação, isto é, toda diferença havida entre as médias dos tratamentos do referido dia, maior do que 1,62, é significativa ao nível de 5% de probabilidade. O teste Tukey como é um teste muito rigoroso, raramente se usa com maior nível de probabilidade. As médias do referido dia, em ordem decrescente são: expressas em \sqrt{n} , de sementes germinadas

$$\begin{aligned} m_0 &= 6,28 \\ m_{10} &= 6,20 \\ m_{20} &= 5,19 \\ m_{40} &= 3,74 \end{aligned}$$

Observemos que m_0 e m_{10} diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade do tratamento m_{40} , porém o tratamento m_{20} se comporta igualmente a m_{40} e não difere de m_0 e m_{10} .

Ao 23.o dia, também aplicamos o teste Tukey e obtivemos $\Delta = 1,99$. As médias em ordem decrescente são:

$$\begin{aligned} m_{10} &= 6,29 \\ m_0 &= 6,18 \\ m_{20} &= 5,04 \\ m_{40} &= 3,70 \end{aligned}$$

Como se pode observar o teste conduz a conclusões exatamente idênticas às do 17.o dia.

A partir dos gráficos de regressão linear do efeito das radiações X na germinação, por extrapolação determinamos as doses letais que foram 94,0 Kr (17.o dia) e 92,7 Kr (23.o dia). Adotamos o valor mais alto (94 Kr), porque a prática tem demonstrado que estes cálculos comumente são sub-estimativas do valor real.

No crescimento analisamos os dias 17.o e 20.o por serem pontos representativos na curva de crescimento.

Os resultados obtidos (apresentados na fig. 3), quanto ao crescimento, foram de certa maneira surpreendentes, uma vez que não houve significância nenhuma no 17.o dia nem com relação aos tratamentos nem existe regressão. Já no 20.o dia houve efeito altamente significativo dos tratamentos bem como constatamos uma regressão

quadrática. Para executar esta análise foram sorteados 10 unidades experimentais por parcela, êste procedimento foi adotado a fim de equilibrar as parcelas para a análise estatística. De imediato surgem duas hipóteses principais para explicar êste comportamento inesperado de *Phaseolus vulgaris* var. vagem manteiga à irradiação nas nossas condições experimentais.

A primeira refere-se à diminuição da competição entre as plantas, isto é, como já salientamos o aumento da dose diminui a germinação significativamente; assim nas doses mais altas tivemos um número menor de plantas germinadas do que nos contrôles e tratamentos com baixas doses. A competição, então, pela nutrição era muito mais alta nas parcelas contrôles e de baixa dosagem do que nas de alta dosagem, fato êste que pode contribuir para explicar o comportamento não linear, conforme era de se esperar, das radiações no crescimento.

Para explorar esta hipótese estabeleceu-se um experimento com diferentes níveis de competição.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela de 15 x 15cm continha um dos tratamentos que eram: 18, 36, 54 e 72 sementes por parcela. Tôdas as demais condições experimentais foram mantidas semelhantes ao experimento principal. A taxa de germinação foi de 90%.

Nas análises estatísticas, que abrangeram o 10.o e 20.o dias, após o plantio, não se observou resultados significantes quanto aos tratamentos, nem quanto à existência de regressão. Obviamente, êste simples experimento não pode excluir definitivamente a possibilidade de interferência do fator competitivo nos nossos experimentos.

A outra hipótese que pode, também, contribuir para explicar o comportamento ocorrido é a de que a irradiação tenha produzido uma sobrevivência diferencial nas sementes irradiadas, isto é, a ocorrência de uma correlação positiva entre indivíduos (sementes) resistentes e de desenvolvimento rápido.

-- Obviamente outras hipóteses poderiam ser levantadas. Por exemplo: a população inicial poderia estar composta de mais de uma subpopulação quanto a radiosensibilidade, infelizmente esta hipótese não pode ser testada, porque utilizamos todo o material, suficientemente homogêneo e controlado, disponível no experimento.

Quanto às modificações na variabilidade do material quanto ao crescimento, como se pode observar nas tabelas I, II e III, nota-se que esta aumenta com a radiação de uma maneira geral, e ademais que as relações de desigualdade são:

$$0 < 40 < 10 < 20$$

Convém salientar, também, que a DL 100, (94 Kr), encontrada foi substancialmente maior do que a já estabelecida para o tomateiro (CENTENO et alli, 1969) que foi de 65 Kr, bem como para o pepino (KRATZ, 1969 — que alcançou 67 Kr).

CONCLUSÕES

Em resumo podemos concluir o seguinte:

1 — As radiações X afetaram a germinação e o crescimento de *Phaseolus vulgaris* var. vagem manteiga.

2 — De uma maneira geral as radiações aumentaram a variabilidade do material quanto ao crescimento.

3 — A dose letal 100% (DL100) foi estimada em aproximadamente 94 Kr nas nossas condições experimentais.

4 — O I.C.V. foi estimado como sendo 0,69 u³.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à direção do Hospital do Câncer da cidade de Goiânia, que muito gentilmente nos permitiu o uso de seu emissor de radiações X.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- KRATZ, F. L., 1969 — Dano da radiação X no crescimento de *Cucumis sativus* L. Anais da Sociedade de Botânica do Brasil, XX Congresso Nacional de Botânica, pg. 45-53.
- CENTENO, A. J., F. L. KRATZ, E. M. ARRUDA & H. R. PEREIRA, 1969 — Programa de seleção de tomateiro com utilização de radiações ionizantes. Anais da Sociedade de Botânica do Brasil. XX Congresso Nacional de Botânica, pg. 55-60.

GERMINAÇÃO

17.º Dia

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão Linear	1	16,06	16,06	26,77 **
Desvios da Regressão	2	0,76	0,38	0,63 n. s.
Tratamentos	(3)	(16,82)	5,61	9,35 **
Resíduos	12	7,18	0,60	
Total	15	24,00		

23.º Dia

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão Linear	1	16,21	16,21	18,01 **
Desvios da Regressão	2	1,35	0,68	0,76
Tratamentos	(3)	(17,56)	5,85	6,50 **
Resíduos	12	10,83	0,90	
Total	15			

Fig. 1 — Análise Estatística do Efeito das radiações X na Germinação de *Phaseolus vulgaris* var. vagem manteiga no 17.º e 23.º dias após a irradiação e plantio

Nota: ** significa significância ao nível de 1% de probabilidade do resultado obtido não ser devido ao acaso

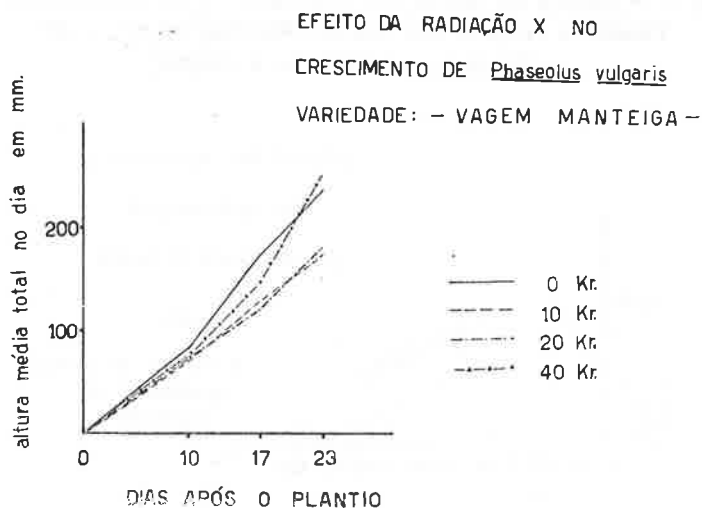


Fig. 2

CRESCIMENTO

17.º Dia

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão Linear	1	584,26	584,26	0,87 n. s.
Desvios da Regressão	2	4.816,74	2.408,37	3,57 n. s.
Tratamentos	3	5.401,00	1.800,33	2,67 n. s.
Resíduo	12	8.087,00	673,92	
Total	15	13.488,00		

23.º Dia

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão Linear	1	468,10	468,10	0,79 n. s.
Reg. Quad.	1	13.110,25	13.110,25	22,05 **
Desvios da Regressão	1	2.038,15	2.038,15	3,43 n. s.
Tratamentos	3	15.616,50	5.205,50	8,76 **
Resíduo	12	7.134,50	594,50	
Total	15			

Fig. 3 — Análise do Efeito das Radiações X no Crescimento de *Phaseolus vulgaris* var. vagem manteiga, no 17.º e 23.º dias após a irradiação e plantio

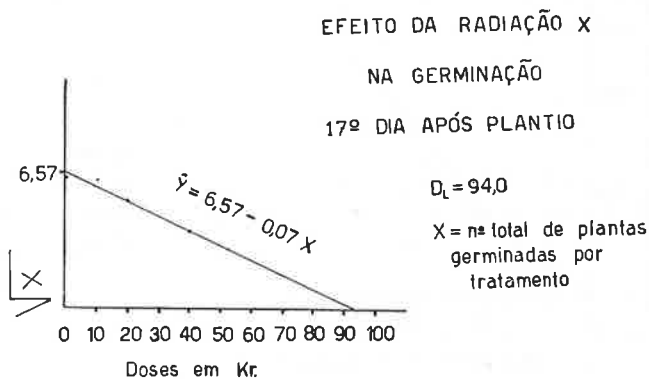


Fig. 4

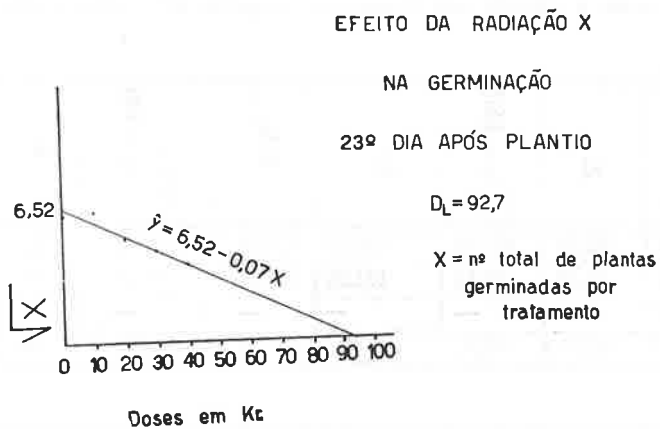


Fig. 5

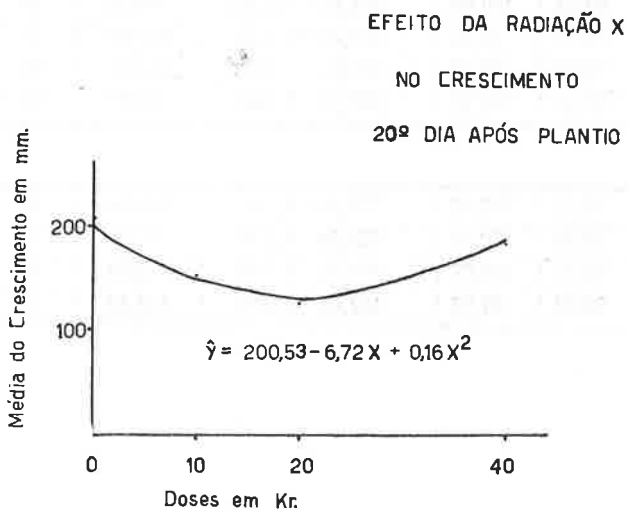


Fig. 6

Tabela I — Efeito da radiação X sobre as quatro repetições no 10.o dia após o plantio em *Phaseolus vulgaris* var. vagem manteiga

Dose (r.)	\bar{X}	$\bar{X} (K = 100)$	S ²	C.V.	(C.V.) K = 100	n	n (K = 100)
0	92,48	100,00	850,66	0,3154	100,00	21	100,00
10.000	63,18	68,32	181,96	0,2135	67,69	11	52,38
20.000	—	—	—	—	—	—	—
40.000	46,33	50,10	422,67	0,4438	140,71	6	28,57
0	72,46	100,00	175,93	0,1830	100,00	13	100,00
10.000	66,63	91,95	220,24	0,2227	121,69	19	146,15
20.000	52,60	72,59	350,30	0,3559	194,48	5	38,46
40.000	62,67	86,49	161,33	0,2026	110,71	12	92,31
0	80,64	100,00	341,58	0,2292	100,00	44	100,00
10.000	61,70	76,51	444,40	0,3416	149,04	23	52,27
20.000	71,52	88,69	350,93	0,2619	114,27	25	56,82
40.000	88,79	110,11	287,10	0,1908	83,25	14	31,82
0	76,06	100,00	277,26	0,2189	100,00	16	100,00
10.000	76,06	100,00	828,36	0,3784	172,86	21	131,25
20.000	78,21	102,83	378,95	0,2489	113,70	14	87,50
40.000	74,00	97,29	487,60	0,2984	136,32	6	37,50

Tabela II — Efeito da radiação X sobre as quatro repetições no 17.º dia após o plantio em *Phaseolus vulgaris* var. vagem manteiga

Dose (r.)	\bar{X}	$\bar{X} (K = 100)$	S^2	C.V.	(C.V.) K = 100	n	$\bar{x} (K = 100)$
0	168,06	100,00	1.501,13	0,2305	100,00	31	100,00
10.000	116,76	69,47	2.053,12	0,3981	172,71	34	101,68
20.000	80,00	47,60	1.743,41	0,5620	243,82	14	45,16
40.000	102,50	60,99	1.173,61	0,3341	144,95	10	32,26

0	146,78	100,00	1.363,82	0,2516	100,00	45	100,00
10.000	123,63	84,23	1.853,82	0,3483	138,43	40	88,89
20.000	93,39	63,62	2.276,04	0,5109	203,06	28	62,22
40.000	131,25	89,42	1.311,67	0,2760	109,70	16	35,55

0	186,36	100,00	832,64	0,1548	100,00	54	100,00
10.000	125,44	67,31	2.115,74	0,3663	236,62	43	79,63
20.000	138,15	74,13	2.604,60	0,3694	236,63	39	72,22
40.000	175,35	94,92	1.455,00	0,2192	141,60	20	37,04

0	181,87	100,00	1.061,90	0,1791	100,00	30	100,00
10.000	148,62	81,72	402,80	0,1350	75,38	37	123,33
20.000	138,27	76,03	4.354,34	0,4772	266,44	30	100,00
40.000	144,00	79,17	3.038,40	0,3828	203,73	11	36,67

Tabela III — Efeito da radiação X sobre as quatro repetições no 23.º dia após o plantio, em *Phaseolus vulgaris* var. vagem manteiga

Dose (r.)	\bar{X}	$\bar{X} (K = 100)$	S^2	C.V.	(C.V.) $K = 100$	n	n (K = 100)
0	257,60	100,00	3.656,45	0,2194	100,00	58	100,00
10.000	162,63	63,13	5.086,33	0,4385	198,86	42	72,41
20.000	157,77	61,25	1.831,36	0,2857	130,22	40	68,96
40.000	206,80	80,28	10.023,73	0,4841	220,65	20	34,48

0	204,11	100,00	4.093,47	0,3134	100,00	30	100,00
10.000	170,98	83,77	3.871,23	0,3639	116,11	43	143,33
20.000	147,68	72,35	7.160,23	0,5730	182,83	24	80,00
40.000	247,19	121,11	2.066,16	0,1839	58,68	10	33,33

0	226,72	100,00	1.441,04	0,1674	100,00	30	100,00
10.000	161,33	71,16	4.434,52	0,4114	245,76	24	80,00
20.000	199,48	87,98	7.893,67	0,4454	266,07	13	43,33
40.000	249,80	110,18	14.375,11	0,4768	284,83	10	33,33

0	268,93	100,00	3.144,06	0,2085	100,00	38	100,00
10.000	198,44	73,79	7.671,04	0,4413	211,65	52	136,84
20.000	192,46	71,56	14.750,17	0,6312	302,73	28	73,68
40.000	251,70	93,59	8.437,34	0,3649	175,01	16	42,10